

【高校 电工电子 实验系列教材】

电路基础 ■ 实验教程

张民 主编

DIANLUJICHU
SHIYAN
JIAOCHENG

 山东大学出版社
Shandong University Press

电路基础实验教程

主 编 张 民
副主编 王鲁冀 徐长缨 张一清 王春兴
参 编 胡凤燕 张冬梅 陈晓维

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验教程/张民主编. -- 济南: 山东大学出版社, 2005. 6
ISBN 7-5607-2976-2

- I. 电...
- II. 张...
- III. 电路-实验-高等学校-教材
- IV. TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 051070 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)

山东省新华书店经销

山东旅科印务有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 10 印张 227 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷

定价: 12.80 元

版权所有, 盗印必究

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会

主任委员 马庆水
副主任委员 宋承祥 陈国前 周新利
委员 (以姓氏笔画为序)
王正林 王 波 朱德中 刘传宝 刘智军
杜守旭 李明弟 张奎平 郑兆聚 杨玉强
徐京明 赵景胜 柳中海 郭仲聚 顾灵光
梁立刚 綦明正 魏鲁真

电工电子系列实验教材编委会

主任 綦明正
副主任 徐淑华
委员 (按姓氏笔画排序)
王汝霖 王春兴 王祖强 王 涛
公茂发 李纲民 张 民

总 序

为了进一步加强我省高等学校实验教学和实验教学条件建设,更好地为深化高等教育改革和全面实施素质教育服务,根据教育部《新世纪高等教育教学改革工程》(教高[2001]1号),山东省教育厅于2004年颁布了《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》。这是进一步优化高等学校资源配置、提高办学效益、深化实验室管理体制改革,培养学生动手操作能力、实践能力和创新能力的重要举措,对于促进高等学校教学资源共享、强化办学特色、加快学校发展,具有重要作用。

实验教材建设是基础课实验教学示范中心建设的关键任务之一。为了切实把这项工作做好,山东省教育厅成立了“山东省高等学校基础课实验教材编写指导委员会”,对新体系、立体化实验教材的编写思路、编写方式进行了认真研究。在此基础上,山东省教育厅组织有关高校长期从事实验教学的教师、专家,组成了物理、化学、生物、电工电子、机械、力学等六个门类新体系立体化实验教材编写组。各编写组根据《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》和“厚基础、宽口径、大综合”的要求,按照系列文本教材、配套教学课件、网络课程等三大部分的编写框架,群策群力,集思广益,开展了卓有成效的工作。

新体系立体化实验教材,是我省首次统编实验教材,对于基础课实验教学示范中心建设具有开创性意义。通过在全省高校统一实验教材,力求突破传统的实验教学模式,建立以基础型实验、综合设计型实验、创新型实验为主,形成开放、自主、探究性学习的实验教学新模式和分层次、一体化的实验教学新体系。

本套新体系立体化实验教材的编写力求突出时代性、先进性、适用性和通用性,力求做到科学规范。但是,由于水平所限,难免有疏漏和不足之处,请各高校在使用过程中提出修改意见,不断提高我省统编实验教材的质量和水平,为促进高等教育改革和素质教育的实施作出更大的贡献。

山东省高等学校基础课实验教材
编写指导委员会

编写说明

电工电子系列课程是高等学校理、工、医、师类各专业很重要的专业基础课,是实践性很强的课程。该系列课程涉及到电工电子学科各个领域,是学习专业知识的重要基础。

培养具有厚基础、宽口径、强能力、高素质的创造型人才,培养大学生的实际工程能力,在很大程度上是通过实验课程来实现的。在高等教育改革和培养人才的整个过程中,“实践”占据极为重要的地位。经过几年的努力,电工电子系列课程理论课教学改革的教材建设有了很大的进展,但因受到诸多因素的制约,实验改革和实验教材的建设相对滞后。大部分学校没有比较系统的、完整的实验教材,提供给学生的仅是一本很简单的实验讲义或实验指导书。学生只要按照讲义规定的步骤去做,不需要多动脑子,便可完成实验,因此收效较少,在一定程度上抑制了广大学生的创造性和个性的发挥。之所以长期维持这种状况,是因为存在错觉和误区,即认为离开实验室现有的具体仪器和实验板无法编写实验教材,而各实验室的仪器和实验板又不尽相同,即使写出来也无法通用。在教育部《新世纪高等教育教学改革工程》和山东省教育厅《山东省高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》颁布的推动下,我们以极大的热情尝试着编写这套实验教材,希望该教材的出版有助于实验教学的改革和进步。

对应用性极强的电工电子系列课程,实验体系的改革尤为重要。但多年来在我国传统的电工电子系列课程的实验教学中,多以验证性实验为主,且实验学时与理论教学的学时比例很低。当前,随着教育改革的深入,“高等教育需要从以单纯的知识传授为中心,转向以创新能力培养为中心”,为此,在彻底转变教育培养观念的同时,对电工电子系列实验课程的教学体系、教学内容和教学模式的改革也势在必行。山东省高等学校电工电子实验新体系立体化系列教材的陆续出版发行就是为适应这种教学改革而编写的。电工电子实验新体系立体化系列教材由《电工电子技术实验教程》、《电工电子工艺实习实验教程》、《电路基础实验教程》、《电子技术实验教程》、《电子设计自动化实验教程》、《电子综合设计实验教程》、《微机技术实验教程》、《虚拟仪器实验教程》八

个分册组成,由系列文本教材以及与之配套的教学课件、网络教程三大部分构成。它是在山东省高等学校基础课新体系立体化系列实验教材编写指导委员会的指导下,由青岛大学、山东大学、中国海洋大学、山东师范大学、山东科技大学、烟台大学、山东建筑工程学院、青岛理工大学和聊城大学等高校多年从事电工电子课程实验教学的教师,结合各高校多年积累的教学经验,参考国内外电工电子实验教材及相关论著共同编写而成。

系列文本教材是根据“高等学校基础课实验教学示范中心建设标准”和“厚基础、宽专业、大综合”教育理念的要求编写而成的。突破传统的实验教学体系,建立以基础实验、综合设计实验、提高创新实验和开放自主学习、研究性学习模式、分层次一体化的实验课程新体系;突出时代性、先进性、适用性和通用性;更加科学化和规范化。

山东省高等校电工电子实验新体系立体化系列教材编写委员会

前 言

《电路基础实验教程》全书共分3章。第1章介绍电路实验基础知识,包括基本电量的测量、测量结果处理、常用电子元器件如电阻、电感、电容、二极管和常用仪器仪表如直流稳压电源、万用表、示波器、函数发生器、电子电压表等基础知识;第2章介绍电路基础实验,包括直流电路实验、单相交流电路实验、动态电路实验和三相交流电路实验等;第3章是电路设计与仿真,介绍了电路设计与电路仿真技术,旨在提高学生的综合设计能力。在附录中介绍了EWB5.0的基本使用方法。在内容的选择上侧重于基础实验,同时加强了设计型和提高型实验的内容,使学生能掌握电路设计与仿真技术,提高实验兴趣,进而达到逐步提高自我分析问题和解决问题的能力。

本书由青岛理工大学张民、张冬梅和陈晓维,青岛大学王鲁冀,山东建筑工程学院徐长纓,聊城大学张一清,山东师范大学王春兴,烟台大学胡凤燕等编写。其中青岛理工大学张民教授负责统稿并担任主编,青岛大学王鲁冀、山东建筑工程学院徐长纓、聊城大学张一清、山东师范大学王春兴担任副主编,青岛理工大学张冬梅、陈晓维和烟台大学胡凤燕为参编。

本书可作为高等工科院校电类、信息类及相近专业电路课程的实验教材,也可作为与电路课程配套的实验参考教材使用。

本书得到青岛大学綦明正、徐淑华等老师的关心和帮助,在此代表所有编著者对他们表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2005年2月于青岛

目 录

第 1 章 电路实验基础知识

1.1 概 述	(1)
1.2 电路实验基础知识	(2)
1.2.1 电子测量的基本内容	(2)
1.2.2 测量数据的处理	(3)
1.3 常用电子元器件基础知识	(4)
1.3.1 电阻器	(5)
1.3.2 电位器	(9)
1.3.3 特殊电阻器	(11)
1.3.4 开关	(12)
1.3.5 电容器	(13)
1.3.6 电感器及互感器	(17)
1.3.7 继电器	(19)
1.3.8 二极管	(21)
1.3.9 数码管	(23)
1.4 常用仪器仪表的使用	(25)
1.4.1 稳压电源	(25)
1.4.2 电子电压表	(28)
1.4.3 万用表	(29)
1.4.4 函数信号发生器	(30)
1.4.5 电子示波器	(32)

第 2 章 电路基础实验

实验 2.1 电路元件的伏安特性	(39)
实验 2.2 基尔霍夫定律的验证及电位、电压的测定	(42)

实验 2.3	电压源与电流源的等效变换	(45)
实验 2.4	叠加定理与戴维宁定理	(48)
实验 2.5	典型电信号的观察与测量	(52)
实验 2.6	受控源特性的研究	(54)
实验 2.7	RC 一阶动态电路响应的研究	(59)
实验 2.8	二阶动态电路响应的研究	(63)
实验 2.9	正弦交流电路中 R, L, C 元件	(66)
实验 2.10	交流电路中元件等效参数的测量	(71)
实验 2.11	功率因数的提高	(75)
实验 2.12	RLC 串联谐振电路的研究	(78)
实验 2.13	互感电路	(81)
实验 2.14	三相负载的联接与电压、电流测量	(85)
实验 2.15	三相电路功率的测量	(88)
实验 2.16	功率因数及相序测量	(92)

第 3 章 电路设计与仿真

3.1	概述	(96)
3.1.1	电路设计的目的	(96)
3.1.2	设计型实验的步骤	(97)
3.2	电路仿真实验	(98)
实验 3.2.1	电路定理	(98)
实验 3.2.2	受控源特性的分析	(103)
实验 3.2.3	滤波器特性的研究	(106)
实验 3.2.4	电路的暂态分析	(108)
实验 3.2.5	正弦交流电路的研究	(111)
3.3	设计型电路实验	(115)
实验 3.3.1	电阻温度计设计	(115)
实验 3.3.2	简易调光灯设计	(117)
实验 3.3.3	受控源设计	(119)
实验 3.3.4	感性负载断电保护电路设计	(122)
实验 3.3.5	波形变换电路设计	(124)
实验 3.3.6	关于负载能力的研究	(126)

附录 Electronics Workbench 5.0 的基本使用方法

附 1	EWB 5.0 的操作界面	(128)
附 2	EWB 5.0 的元件库	(129)

附 3 元件的使用	(134)
附 4 元件之间及与仪器的连接	(135)
附 5 仪器及仪表的使用	(136)
附 6 电路的仿真	(146)

第 1 章 电路实验基础知识

1.1 概 述

电路基础实验是进入技术基础课学习阶段的第一门实验课。它以应用理论为基础、专业技术为指导,是一门操作性很强的课程,并侧重于理论指导下的实践、技能的培训及综合能力的提高,旨在将所学理论过渡到应用,为后续实验课、技术基础课、专业的学习及今后的工作打下一个良好的基础。

电路基础实验是实际能力与技能培养教学环节的入门课程,它的开设有别于中学及大学物理中的实验,已不再是为了巩固理论知识、验证某个定理,或者观察几个电路的功能是否与理论一致,而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里,逐步学会运用从书本中学到的理论知识,培养分析问题、解决问题的能力,了解将理论转化为生产力的各个环节和过程。

电路基础实验是电路理论课程的重要组成部分。通过这门课的学习,可以巩固加深理解电路基础课程中的基本概念和基本规律;学会使用电流表、电压表、万用表、功率表、调压器、变阻器等常用仪表和设备;掌握晶体管稳压电源、信号发生器、示波器等电子仪器的操作方法;掌握电路中电流、电压、电阻等电量的测试技术;学会分析实验过程中误差产生的原因、减小和消除误差的方法;学会正确处理数据、绘制曲线、分析实验结果,撰写实验报告;培养理论联系实际、实事求是、严谨的科学实验态度和良好的操作习惯,培养善于发现问题、分析问题和解决问题的能力。

实验课和理论课既有联系又有区别。要上好实验课,需完成以下工作,达到下述要求:

1. 课前预习

在上实验课之前,要认真阅读该次实验的实验教材及相关资料,明确实验目的,弄懂实验原理、方法,理解并切记教材中提出的注意事项,对未使用过或不会使用的仪器设备要借阅使用说明书,熟悉其使用要领。在预习的基础上,撰写预习报告。

2. 实验过程

(1)实验者按预先排好的位置到实验台上做实验。首先检查实验台上的仪器、设备是否齐全、完好,仪表选用是否合适,如发现问题及时报告给指导老师。

(2)按照安全、方便、整齐的要求,合理布局仪器、仪表,然后开始接线。接线时参考电路图,先接主回路,由电源的一端开始,依次进行,回到电源的另一端,其次再接分支电路。

导线的长短、粗细、颜色等要合理选用,以备检查。接线松紧适度。

(3)线路接好后,由同组实验者检查电路接线是否正确,所接仪表的量程和极性是否符合要求,电阻箱各旋钮的位置是否合适(较复杂的线路或不敢确定的线路要经指导老师检查)。确认无误后方可接通电源。接通电源后,应注意仪器仪表工作是否正常,有报警时应立即切断电源,检查电路。

(4)做好对实验中出现的现象和所得数据的记录,为了保证实验结果的正确性,可先大致试做一遍,试做时不必仔细读取数据,主要应观察各被测量的变化情况和出现的现象,以求对实验内容作定性了解。试做无问题时,就可以着手读取和记录数据。

(5)为了测得准确的数据,在选择测试点时应注意使其分布合理。如曲线的弯曲段应多取几个测试点。读数前要认清仪表量程值,合理选择量程。读数时要眼、针、影成一线;记录的数据应是依所选量程经换算后的值,要合理地读取有效数据(最末一位数为估计的存疑数)。每测试完一项内容,暂不要拆线,分析判断一下数据是否正确,若有错误可重新进行测试。要求对测量数据测前有预见,测后有判断。

(6)实验内容全部完成后,原始记录经教师审查后方可拆线。拆线前先切断电源,拆完线后将设备复归原位、清理好,经教师验收后方可离去。

3. 撰写实验总结报告

(1)撰写实验报告应文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、分析与论证得当。写报告应采用学校统一的实验报告纸,画曲线、波形应采用坐标纸。

(2)报告应包括以下内容:

- ①实验目的、实验方法、实验原理图;
- ②注意事项;
- ③数据图表及计算示例;
- ④对所得数据和所观察到的现象分析处理(包括结论、体会等);
- ⑤回答问题;
- ⑥主要的仪器、仪表的名称、型号和规格。

(3)做完实验后应及时撰写实验报告,并按时上交。

1.2 电路实验基础知识

1.2.1 电子测量的基本内容

1. 电量的测量。如电流、电压、功率的测量。
2. 电路参数的测量。如电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、损耗等的测量。
3. 电信号波形参数的测量。如频率、周期、相位、失真度、调幅度、调频指数等的测量。
4. 电路性能的测量。如放大量、衰减量、灵敏度、频率特性等的测量。
5. 半导体器件的测量。如二极管、三极管、场效应管、集成电路组件的测量。

1.2.2 测量数据的处理

1. 测试技术中常用的两个术语

(1) 准确度。指测量结果与被测量真值的接近程度,反映了系统误差的影响程度。

(2) 精密度。指在重复测量同一系统中所得结果相互一致的程度。它反映了随机误差的影响程度。

2. 测量数据的读取

测量数据的读取应注意以下几点:

(1) 仪表应先进行预热和调零。

(2) 选择适当的仪表,同时合理选择仪表的量程。

(3) 注意正确读取数据。

(4) 当仪表指针与刻度线不重合时,应凭目测估读一位欠准数字。

3. 有效数字

(1) 简单概念。如用 100mA 量程的电流表测量某支路中的电流,读数为 78.4mA,则前面两个数“78”是准确的、可靠的读数,称“可靠数字”;而小数点后面的一位数字“4”是估读的,称“欠准数字”,两者合起来称“有效数字”。它的有效数字为三位,如果对其运算,其结果也只应保留三位有效数字。

(2) 有效数字的正确表示。当按照测试要求确定了有效数字的位数以后,每一测量数据只应有一位欠准数字,即最后一位是欠准数字,而它前面的各位数字必须是准确的“可靠数字”。

只与计量单位有关的“0”不计入有效数字。如 184mA 可写成 0.184A,这两种写法的有效数字都是三位。

小数点后的“0”不能随意省略。例如某电阻值 15.00Ω 和 15Ω 两种写法差别极大。前者 15.00Ω 中,表示小数点后第二位“0”是欠准数字,而后者 15Ω 中,其个位“5”就是欠准数字,它可能是 14Ω 或 16Ω。当数字很大时,“0”也不能随意取舍。

(3) 四舍五入化整规则。测量技术中,当处理有效数字时,应遵守规定:“小于 5 舍,大于 5 入,等于 5 取偶。”

例如对下列数字取三位有效数字:

18.23→18.2(第四位有效数字小于 5,舍去)

18.28→18.3(第四位有效数字大于 5,入)

18.25→18.2(第四位有效数字等于 5,舍去,因为第三位有效数字为偶数)

18.15→18.2(第四位有效数字等于 5,入,因为第三位有效数字为奇数,应取偶数)

(4) 有效数字的运算法则。相加减的数中,如有小数,则以小数点后面位数最少的那个数为标准,将其他数进行处理,使其他小数点后的位数仅比它多保留一位,计算结果也以它为标准处理。如:

三数相加: $222.1 + 0.777 + 2.34 = ?$

处理后应为: $222.1 + 0.78 + 2.34 = (225.22) = 225.2$

有效数字相乘应注意到乘积的误差总是大于任何一个乘数的误差。当几个数相乘时,应以其中有效数字最少的那个数为标准,对其他数进行处理,处理到比该数多一位有效数字时,然后再进行运算。计算结果的有效数字的位数应与作为标准的那个数的位数相一致。如:

$$8.5 \times 10.3 \times 102.4 = ?$$

这时以 8.5 为标准对其余两数进行处理后为 $8.5 \times 10.3 \times 102$; 计算结果为 8930.10, 则根据上述法则其结果应为 8900。

4. 曲线修补

所谓曲线修补,就是对测量过程中所获取的数据点进行的一种图解处理方法。在许多测量中,测量的目的不单单是获得一个或几个数值,而是要在测量数据的基础上得到某些量之间的关系曲线。由于实际测量中存在着误差,且有限次的测量所得到的数据只是关系曲线的一个离散点,简单地将这些离散点连成一条折线是不行的,必须对此进行一定的处理即对曲线进行修匀。修匀中应注意到:

(1) 以被测量及相关量为坐标变量,选择合适的坐标系,常用的为直角坐标系。当变量范围很宽时,常采用对数坐标。

(2) 测量的数据点必须足够。曲线的线性段数据可适当少些,但非线性段测量数据点又应足够多些。

(3) 纵、横坐标分度比例可以不同,但比例分度要适当,一般应与测量的精确度相适应。

(4) 绘制曲线应是靠近数据点的一条光滑而无斜率突变的曲线。有时,可采取数据分组的办法,取各组几何中心连接成的平滑曲线。

1.3 常用电工电子元件基础知识

本章主要介绍常用的电工电子元件的种类、特点、性能、指标、用途及使用方法,包括电阻器、电位器、电容器、电感器、二极管、数码管、三极管和运算放大器等。

电工电子元件是组成实际电路的基本部件,因此,只有掌握了一定数量的电工电子元件,才有可能对电路进行分析和电路设计。

电工电子元件是为表示自然界中客观存在的电气特性而抽象出来的模型符号总称。每种性能都规定一种符号,即电路符号。它们的种类有限,且相对稳定,一旦有新的元件产生,就意味着在电工电子领域又有新的进展(多为理论上的)或变革。它们是组成电路原理图的基本元素,也可用来构成电工电子器件模型。常见的电工电子元件如电阻、电容、电感等。

电工电子器件是为完成某种特定电器功能而专门制造的实物总称,在电工电子器件这个大家族中,成员众多且不断有新的成员加入。它们是组成一个实际电路或电子产品的最基本的元素,如电阻器、电容器、电感器等。

从以上定义可以看出,电子元件和电子器件是两个完全不同的概念,但在日常生活中,有时又常常把它们混为一谈,如常把电阻器、电容器称为电阻、电容等。另外,本书中

出现的元件、器件如不加说明则均指电子元件、电子器件。

由于器件是组成一个实际电路最基本的元素,且不同的器件有其特定的功能,因此认识器件、了解器件意义重大。不管是对已有电路进行探讨分析,还是进行电路设计,都少不了对器件的了解和掌握。一般来说,对器件了解的越多,对电路分析的越透彻,掌握器件的种类就越多,在电路设计时也会越灵活。下面将对部分电工电子元器件进行具体介绍。

1.3.1 电阻器

1. 电阻的定义

电阻是电路的基本元件之一,它是从实际电阻器中抽象出来的模型。在关联参考方向下,可以用欧姆定律 $u(t) = Ri(t)$ 来定义电阻元件。当 u, i 是常数时,该式可表示为 $U = RI$ 。

2. 电阻器的符号及功能

电阻器在电路图中用字母 R 表示,基本单位是 Ω (欧姆)、辅助单位有 $m\Omega, k\Omega, M\Omega$ 和 $G\Omega$,进率为 10^3 。常用的图形符号如图 1.3.1 所示。

电阻器是一种耗能器件,具有一定功率。在常态下有固定的阻值,广泛应用于电工电子产品的各个领域,是一种常用的电工电子器件。电阻在电路中对电流起阻碍作用,主要用作电路的负载、分流、限流、分压等。

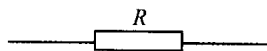


图 1.3.1 电阻器的符号

3. 电阻器的分类

电阻器的种类很多,按使用功能可分为固定电阻器、可变电阻器和特殊电阻器。固定电阻器的电阻值是固定不变的,可变电阻器的电阻值可在一定范围内调节改变,特殊电阻器的阻值是随外界条件(如温度、压力、光线等)的变化而变化的。

按制造工艺和材料,电阻器可分为合金型、薄膜型和合成型,其中薄膜型又分为碳膜、金属膜和金属氧化膜等。

按用途,电阻器可分为通用型、精密型、高阻型、高压型、高频无感型和特殊电阻。其中特殊电阻又分为光敏电阻、热敏电阻、压敏电阻等。

国产电阻器一般习惯用汉语拼音的第一个字母来表示电阻器的制作材料,如 RT 表示碳膜电阻器, RJ 表示金属膜电阻器, RX 表示线绕电阻器等等。

4. 电阻器的参数

电阻器的主要技术指标有标称值、允许误差(精度等级)、额定功率、噪声、极限工作电压和高温特性等。下面主要介绍标称值、允许误差、额定功率和极限电压四项指标。

(1) 标称值

电阻器体表面所标的阻值称为标称值。标称值是按国家规定标准化了的电阻值系列值,不同精度等级的电阻器有不同的阻值系列,见表 1.3.1。

使用时可将表中所列数值乘以 10^n (n 为整数),例如,“1.2”包括 $1.2\Omega, 12\Omega, 120\Omega, 1.2k\Omega, 12k\Omega, 120k\Omega, 1.2M\Omega$ 等阻值系列。在电路设计时,计算出的电阻值要尽量选择

标称值系列,这样在市场上才能选购到所需要的电阻。如果在标称系列中找不到实际需要的数值(电路要求比较严格),可在相邻的两个标称值之间进行挑选,需要量少的话,如果允许,也可采用串并联的方法解决。

表 1.3.1 电阻器标称值系列

标称阻值系列	精度	精度等级	电阻器标称值																							
E24	$\pm 5\%$	I	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	$\pm 10\%$	II	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2												
E6	$\pm 20\%$	III	1.0	2.2	3.3	4.7	6.8																			

(2) 额定功率

电阻器的额定功率是指在标准大气压和一定环境温度下,长期连续负荷所允许消耗的最大功率。

电阻器通电工作时,吸收的电能量转换成热能,并使自身温度升高。如果温升速率大于热扩散速率,会因温度过高将电阻器烧毁。因此,在选用电阻(器)时,应使其额定功率高于电路实际要求的 1.5~2 倍以上。表 1.3.2 为常用碳膜和金属膜电阻器外形尺寸和额定功率的关系。

表 1.3.2 碳膜和金属膜电阻器的外形尺寸与额定功率的关系

额定功率/W	碳膜电阻器(RT)		金属膜电阻器(RJ)	
	长度(mm)	直径(mm)	长度(mm)	直径(mm)
1/8	11	3.9	6~8	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

(3) 允许误差

电阻器的允许误差是指实际阻值对于标称阻值的允许最大误差范围,它表示产品的精度。允许误差有两种表示方法:一种是用文字符号将允许误差直接标注在电阻器的表面上,另一种是用色环表示。

如在文字符号表示法中,通用型电阻采用文字标注,其允许误差标记为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三个等级,也可以表示为 I 级、II 级、III 级;精密型电阻的精度等级采用符号